

火山噴火時における避難行動の時系列マッピング

永村恭介

Time-series evacuation hazard mapping for volcanic disaster.

Kyosuke EIMURA

Abstract: Volcanic disaster cause catastrophic damage for society. Previous volcanic disaster mitigation method and hazard map don't focus effective evacuation plan. Approaching Lava flow makes evacuation phase changing momentarily. This study discuss a case of Izu-Oshima island has active volcano wreak outflow of lava. It was draw hazard map including evacuation factor and calculated evacuation route, distance, time, and number of refugee by network analysis using GIS. The results show that time-series evacuation hazard mapping contribute to making more concrete volcanic disaster mitigation plan.

Keywords: 避難経路 (evacuation route), ネットワーク分析 (network analysis), 時系列分析 (Time-series analysis), ハザードマップ (hazard map), 伊豆大島(Izu-Oshima)

1. はじめに

災害時には、時々刻々と変化する時系列での分析とこれに対応した防災計画が重要となる。GISを用いた災害研究では、すでに震災や風水害における住民避難についていくつか報告がなされている(例えば明田 2007, 市川 2004 など)。しかし、自然災害の中でも、様々な災害要因が同時多発的に人間社会へ襲いかかる火山災害に対し、GISを援用した研究は少ない。高阪(2000)では火砕流のシミュレーションから到達時間の予測を行い、その結果からGISを用いた災害の定量化の有用性や、防災計画へ提言する形で応用を示している。

しかし、住民単位の詳細なスケールでの分析はなされていない。

近年、火山災害対策におけるハザードマップの有効性が2000年の有珠山噴火などによって高まり、各地で整備が進んでいる。火山災害は地形に依存したり範囲を持った現象が多く、地図として表現することに適している。火山ハザードマップの研究・開発は、様々な想定や条件を考慮できるGISとの親和性が高く、応用が期待されている。これまでに、GISを利用した3D表現や噴火状況にリアルタイムに対応するハザードマップの提案・試作した研究者やコンサルタントからの報告がされているが(川崎 2002, 中筋 2000 など)、利活用の方法まで言及したものは少ない。またその多くは火山現象を扱ったものであり、住民の避難行動をマッピングしたものではない。

また、火山はそれぞれ異なる特徴をもち、発生する災害も異なるため、個々の火山や火山災害ごとの事例研究の蓄積が重要となる。本研究では伊

永村：〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1
筑波大学大学院 生命環境科学研究科
Graduate school of Life and Environmental
Sciences, University of Tsukuba.
1-1-1, Tennoh-dai, Tsukuba City, Ibaraki, JAPAN
TEL:029-853-5694
E-mail:eikyo@geoenv.tsukuba.ac.jp

豆大島火山における溶岩流を事例に、GIS を援用した住民スケールでの避難行動のマッピングと、定量的な把握を通じ、防災についての考察を試みたものである。

2. 研究対象地域

伊豆大島(図 1)はこれまで多くの噴火をしてきた我が国でも特に活動的な火山である。主に流動性に富む玄武岩質マグマによるストロンボリ式噴火が特徴であり、溶岩流や水蒸気爆発の被害が懸念されている。

1986 年噴火に際し、全島避難が実施されている。11 月 21 日午後 4 時過ぎ、山腹より発生した火口より溶岩が流下を始め、これを受けてまず 17 時 55 分に岡田・泉津地区に避難指示が出された。以後、北の山・元町地区、野増地区、波浮地区の順に避難指示が出されていった。岡田・泉津地区の住民はそれぞれの地区にある港から乗船している。一方で、北の山・元町・野増・波浮地区の住民の避難は乗船港の選択が定まらず、住民の大規模な長距離移動が伴った。これは溶岩流が元町へ迫ったことに加えて、情報の錯綜や夜間という悪条件が原因と考えられている。

現在では、当時の問題点を踏まえた島内道路の分断を考慮にいたした道路整備などのハード対策や、

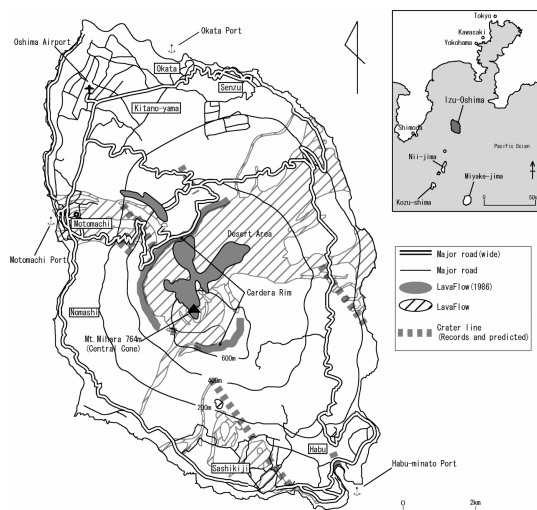


図1. 研究対象地域

避難

訓練の想定(表 1)、図上訓練などのソフト対策が行われている。島嶼部という条件下において、

島内各地から港への集結をマネジメントすることが重要となり、より安全かつ効率的な避難計画が求められる。さらに、伊豆大島は付近のプレート境界の応力により、島の中央火口を通る北北西 - 南南東方向に火口が生じやすい。この弱線が存在により、災害をある程度予測しやすくする反面、リスクの偏在を評価し、避難計画に加味する必要がある。

表1. 噴火災害想定

想定時刻	状況
8:50	三原山山頂西側カルデラ内で大規模な噴火発生
9:40	三原山外輪山外側(西部)で側噴火発生、溶岩流が野増-元町方向へ流下。 大島町は野増地区、元町地区に対し、避難指示 避難地(元町地区はつばき小、第一中学、都立大島高校、旧北の山小) 避難地(野増地区は差木地小、都立大島南高校)
12:00	三原山外輪山外側(南西部)で側噴火発生、溶岩流が野増(間伏地区)へ向かう 大島町は差木地地区へ対し、クダッチ、波浮地区への避難を指示 避難地(波浮小、第三中学、都立大島南高校)
16:00	南西部側噴火の溶岩流が都道循環道路付近に到達 島内南部への陸路が通行不能となる
17:00	山頂火口からの激しい噴火により、島内東部に降灰、火山弾落下 循環道路通行不能
18:00	三原山山腹北側で大規模な側噴火発生、溶岩流が愛宕山付近へ向かう 大島町は元町・北の山地区に対し、岡田港、元町港へ避難するよう指示
19:30	北部山腹噴火の溶岩流は登山道筋を下り、大島高校付近から泉津方面へ流下
20:00	溶岩流により、岡田地区・北の山地区と元町地区が分断 火山活動による激しい地震動により、都道横戸付近、NTT岡田交換局付近で地割れ、土砂崩れによる通行不能 側噴火、地震により島内が3分断される

大島町資料より作成

下線:災害発生、太字:避難指示、斜体:交通障害の発生

3. 研究方法

本研究では避難者数と避難経路を避難行動のファクターとした。避難経路の設定をする際の着地として、避難所(大島町指定)、元町港、岡田港の位置をポイントデータとしてプロットした。発地の設定は次のように行った。大島町では有事の際には自主防災組織を単位とする集団行動を推奨している。自主防災組織は地区 ブロック 班という順で細分化し、住民はまず各班ごとに定められた集合場所へ集まることになっている。そこで、集合場所を発地として GIS 上にプロットし、班員数等を属性としたデータを作成した。ただし、本報告では、島内で特に人口が集中する元町・北の山・岡田の各地区を分析対象としている。道路データは国土地理院発行の数値地図 25000 空間データ基盤を用いた。

これらのデータセットに対し、ネットワーク分析を行った。ネットワーク分析により最寄りの避難所への最短経路が算出された。これに溶岩流の到達範囲を経過時間に分けてオーバーレイ表示した。次いで、溶岩流の縁辺と道路が交差する部分

をネットワーク上のバリアとして設定し、これを避ける最短経路を算出した。図2はその模式図である。例えば、図中Aの集合場所は、30分後には溶岩流の到達範囲に含まれるため、流下直後速やかに避難を開始する必要がある。また、B、Cの集合場所は60分後にも被災しないが、Bの場合は最短経路を遮断されるため避難所まで迂回する必要がある。Cでは避難所に至る唯一の道路が遮断されるため、別方面の避難所への長距離の移動となる。

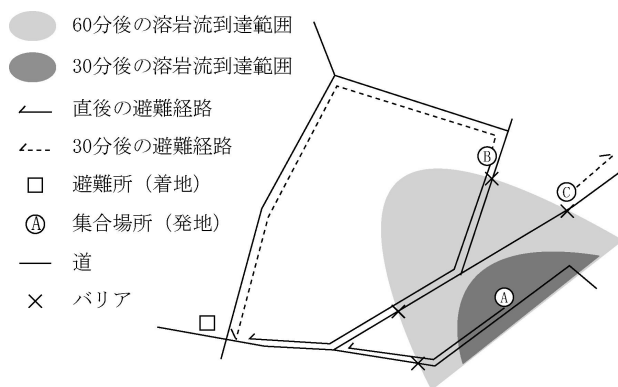


図2. 避難経路設定の模式図

道路ごとの避難者数については、まず道路を交差点ごとのセグメントに分割した。次いで、交差点で避難者数が合算されていき、各避難所前で最大値となるように各セグメントに人数を付与した（図3）。

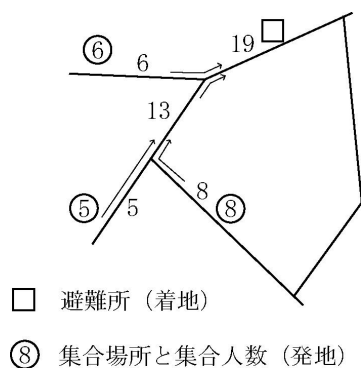


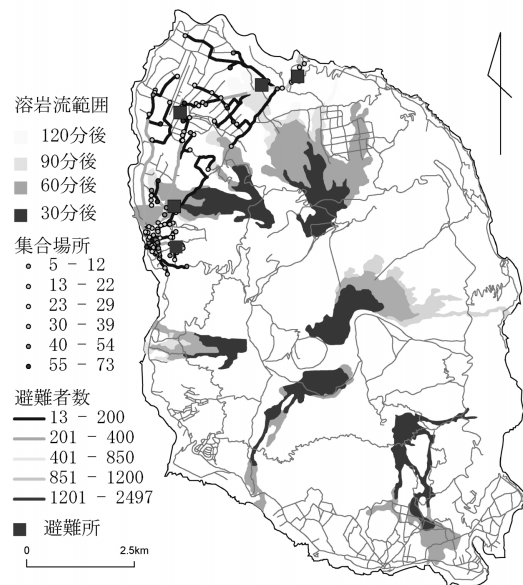
図3. 避難経路設定の模式図

以上の手順を経て得られた経路及び避難者数について計量し、時間経過での変化を考察した。また、既存の防災資料や避難訓練想定と比較した。なお、本研究で用いた溶岩流の到達範囲は東京

都防災会議（1990）が実施したものを引用している。使用したGISソフトはArcGISおよび、エクステンションのNetwork Analystである。

4. 結果と考察

避難経路と避難者数の算出結果の一つを以下の図4に示す。この図は、各地の集合場所から元町港・岡田港への最短経路とそこに集積する人口を示している。



溶岩流範囲は東京都防災会議（1990）を元に作図した。

図4. 時間別の溶岩流の範囲と最短避難経路

元町と岡田の中間に位置する北の山地区は防災組織上及び、行政上は元町地区に含まれることが多い。しかし、前述した北北西 - 南南東に走る弱線上に存在し、図にあるように溶岩流が流下する危険性も有している。この場合、最短経路を元に、元町と岡田に分割して避難することも視野にいれてよいだろう。

避難所に集積する避難者数について考察する。現在指定されている避難所に加え、付近で多勢の避難者数が集結できる場所として元町港、岡田港を仮定した。表2はその比較である。現行の指定避難所に2港を加えることで、避難者の集中を分散させることができ、各避難所に至る経路上の避難者の集中も緩和されている。それでも数百人程度が集結することに変わりなく、経路上は混乱をき

たす可能性もある。迂回経路を設定したり，誘導員を配置するなどの対応が考えられる。

表2. 避難所別の集結人数

避難所	集結人数	
	指定避難所のみ	避難場所追加時
つばき小学校	1259	726
第一中学校	677	478
旧北の山小学校	1002	1002
さくら小学校	621	621
岡田コミュニティセンター	84	49
元町港	-	732
岡田港	-	35

防災組織としての値であり，人口統計等とは正確に合致しない。

次に溶岩流到達時間ごとに避難行動を考察する。

表3は，到達時間ごとに避難者の移動距離と所要時間が変化する様子を示している。溶岩流の到達に従って避難経路が制限されることを受け，移動距離と時間が延びていることがわかる。顕著なところでは，1km 近く移動距離が伸びている箇所もある。最低限の荷物の搬出・携行や，高齢化が進んでいる地域性を考慮すると，もう少し時間がかかることが予想される。また，こういった有事下では，1km 程度の距離差，時間差も避難行動を困難にする一因となりうると考えられる。

表3. 避難距離と所要時間の変化

溶岩流 到達時間	要避難者数 1	平均移動距離(m)			平均避難所要時間(分)			2
		避難開始時期						
		流出直後	30分後	60分後	流出直後	30分後	60分後	
30分後	192	1741	-	-	22	-	-	
60分後	387	1397	1799	-	17	22	-	
90分後	1219	1511	1871	1990	19	23	25	

1 到達範囲に含まれる避難者数。
2 着地は港とし，歩行速度は80m/sとした。

最後に自治体で実施されている避難訓練の想定（表1。ただし，この想定にはどのシミュレーションを元にしたかは不明）と比較してみる。これによると，12:00 と 18:00 に流下を開始した溶岩流が幹線道路に到達し，島内が分断されるまでにそれぞれ4時間，2時間が経過している。しかし，流出地点から最短の民家・集合場所までの距離によっては数十分後に到達する地点もある。そのため，該当する場所を地図上で把握し，何人が早期避難の対象となりうるのか，どこを通過してどこへ避難するかなどを地図化する必要がある。

本報告で試行したように 30 分程度のタイムス

パンで避難行動を考察し，想定に盛り込むことでより具体性を増すことができる。また，ハザードマップとして住民向けに公刊した際は，災害に対するイメージが喚起され，防災意識の高揚に寄与するのではないだろうか。

5. おわりに

本研究では，伊豆大島を事例に火山噴火に伴う災害と住民の避難行動を，GIS を用いて時系列に分析・地図化した。避難行動の時系列での定量的な検討は，防災対策や避難想定に具体性を付与する。また，住民の防災意識に働きかけるリアリティのあるハザードマッピングが期待される。

今後は分析範囲を全島に拡大し，最遠である波浮地区，泉津地区住民を含める。また，分析結果の検証として，インタビュー等の対人的な手法による 1986 年当時の避難行動の再現や，有珠山，三宅島といった事例との比較を行う予定である。

参考文献

- 明田 修・天野貴文・内田 裕丈（2007），GIS を用いた洪水氾濫時避難行動解析システムの開発，GIS - 理論と応用 15(1),23-28 .
- 市川総子・阪田知彦・吉川 徹（2004）建物倒壊および道路閉塞のモデル化による避難経路の危険度を考慮した避難地への到達可能性に関する研究，GIS-理論と応用，12(1),47-56 .
- 川崎昭如（2002）ハザードマップの作成と公開・提供に関する技術展望 - GIS とインターネットの活用について - 消防科学と情報 ,69:36-40 .
- 高阪宏行（2000）GIS を利用した火砕流の被害予測と避難・救援計画 - 浅間山南斜面を事例として - ，地理学評論，73(6)，483-497 .
- 東京都防災会議（1990）伊豆諸島における火山噴火の特質などに関する調査・報告書(大島編) .
- 中筋章人（2003）リアルタイム型火山ハザードマップシステム開発に関する研究 - 北海道有珠火山を事例として - ．新潟大学博士論文 ．